



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 452 516 A1**

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: 90105011.2

51 Int. Cl.⁵: G01N 29/24

22 Anmeldetag: 16.03.90

Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 86
(2) EPÜ.

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
23.10.91 Patentblatt 91/43

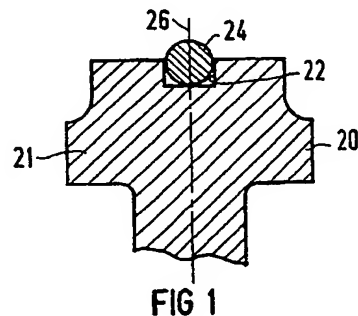
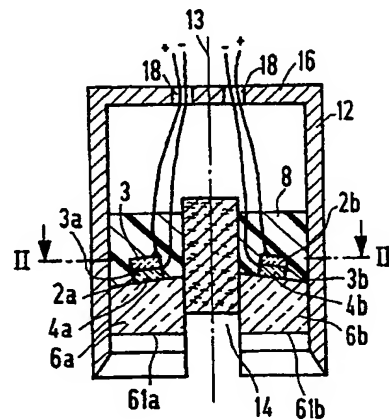
64 Benannte Vertragsstaaten:
BE DE ES FR NL SE

71 Anmelder: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
Wittelsbacherplatz 2
W-8000 München 2(DE)

72 Erfinder: Schmid, Rudi, Ing. grad.
Gartenweg 11d
W-8551 Hemhofen(DE)
Erfinder: Achtzehn, Hans-Jürgen
Braungartstrasse 33
W-8551 Neuhaus(DE)

54 **Ultraschall-Prüfkopf und Verfahren zu seinem Betrieb.**

57 Zur Ultraschallprüfung von Schrauben ist ein Ultraschall-Prüfkopf vorgesehen, der eine Ultraschallwandleranordnung mit mehreren Ultraschallwandlern (2a, 2b) enthält, die sowohl als Sender als auch als Empfänger betreibbar sind. In einer bevorzugten Ausführungsform sind die Ultraschallwandler (2a, 2b) durch eine akustische Trennschicht (10) voneinander getrennt und akustisch an feste Koppelkörper (6a, 6b) gekoppelt, die an ihrer freien Oberfläche (61a,b) an die Oberflächengestalt des Kopfes (21) einer zu prüfenden Schraube (20) angepaßt sind. Mit diesem Ultraschall-Prüfkopf lassen sich ohne Wechsel des Prüfkopfes mehrere Betriebsarten realisieren, mit denen mehrere Prüfaufgaben, die sich hinsichtlich der Struktur und des Ortes der erfaßbaren Fehler unterscheiden, bewältigt werden können.



EP 0 452 516 A1

Die Erfindung bezieht sich auf einen Ultraschall-Prüfkopf zur Ultraschall-Prüfung von Schrauben nach dem Impuls-Echo-Verfahren und auf ein Verfahren zu seinem Betrieb.

Bei der Überwachung der Festigkeit und Zuverlässigkeit von Schraubverbindungen ist es in vielen Fällen erforderlich, eine zerstörungsfreie Werkstoffprüfung der Schrauben im eingebauten Zustand durchzuführen. Dies ist beispielsweise in kerntechnischen Anlagen der Fall, in denen regelmäßig Befestigungsschrauben sicherheitsrelevanter Anlageanteile untersucht werden müssen. Dies sind beispielsweise Kernumfassungsschrauben, mit denen im Reaktordruckbehälter eines Kernreaktors das Kerngerüst in der Kernumfassung befestigt ist. Diese Schrauben befinden sich unter Wasser und sind insbesondere durch Spannungsrißkorrosion gefährdet.

Zur Überprüfung dieser Schrauben werden in der Regel Ultraschall-Prüfverfahren eingesetzt, die nach dem Impuls-Echo-Verfahren arbeiten. Dazu wird ein Ultraschall-Prüfkopf mit einem Ultraschallwandler auf den Kopf einer Schraube aufgesetzt und ein A-Bild aufgenommen. Bekannte Prüfköpfe enthalten entweder einen einzigen Ultraschallwandler, der als Sender und Empfänger betrieben wird, oder zwei Ultraschallwandler, von denen einer nur als Sender und der andere nur als Empfänger vorgesehen ist. Diese bekannten Prüfköpfe sind nur für eine einzige Prüfaufgabe, beispielsweise das Erfassen von Fehlern in Form von quer zur Schraubenachse und im Bereich des Schraubenschaftes verlaufenden Rißflächen, konzipiert. Fehler in anderen Bereichen der Schraube oder Fehler mit anderer Orientierung relativ zur Schraubenachse können mit einem solchen Prüfkopf dann nur unzureichend erfaßt werden. Um alle Fehler sicher nachweisen zu können, ist daher der Einsatz mehrerer unterschiedlicher Prüfköpfe erforderlich. Der zeitliche Aufwand und die damit für das Personal in kerntechnischen Anlagen verbundene Strahlenbelastung ist dann entsprechend hoch.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabenstellung zugrunde, einen Ultraschall-Prüfkopf anzugeben, bei dem diese Nachteile weitgehend vermieden sind. Außerdem soll ein Betriebsverfahren für einen Ultraschall-Prüfkopf gemäß der Erfindung angegeben werden, das eine möglichst genaue Analyse des Ortes und der Struktur des Fehlers in der Schraube ermöglicht.

Die genannten Aufgaben werden erfindungsgemäß gelöst mit den Merkmalen der Ansprüche 1 bzw. 14. Da im Ultraschall-Prüfkopf eine Ultraschallwandleranordnung mit mehreren Ultraschallwandlern vorgesehen ist, die sowohl als Sender als auch als Empfänger betreibbar sind, können unterschiedliche Prüfaufgaben erfüllt werden, ohne daß der Ultraschall-Prüfkopf gewechselt werden muß.

Bei einem erfindungsgemäßen Ultraschall-Prüfkopf mit zwei Ultraschallwandlern, ergeben sich dann eine Vielzahl von Betriebsarten, von denen je nach Symmetrie des Aufbaues mehrere akustisch, d.h. hinsichtlich der aus dem Echobild ableitbaren Meßaussagen, äquivalent sein können. Akustisch äquivalent sind beispielsweise die beiden Betriebsarten, bei denen jeweils ein Ultraschallwandler als Sender und der andere als Empfänger betrieben werden. Zwei weitere Betriebsarten ergeben sich, wenn jeweils einer der Ultraschallwandler sowohl als Sender als auch als Empfänger aktiv ist, während der andere Ultraschallwandler nicht aktiviert ist. Darüber hinaus sind weitere Betriebsarten denkbar, die sich aus den Regeln der Kombinatorik ergeben, wenn vier Betriebszustände (Sender, Empfänger, Sender-und Empfänger, nicht aktiviert) auf zwei Ultraschallwandler verteilt werden. Für einen Ultraschall-Prüfkopf mit zwei Ultraschallwandlern ergeben sich dann drei meßtechnisch bevorzugte Betriebsarten, die sich hinsichtlich der mit ihnen durchführbaren Prüfaufgaben deutlich unterscheiden. So eignet sich die erstgenannte Betriebsart, bei denen ein Ultraschallwandler als Sender und der andere als Empfänger betrieben werden, hauptsächlich zum Nachweis von Fehlern im Schraubenschaft und in der Nähe des Schraubenschaftes, während die anderen beiden Betriebsarten, bei denen jeweils nur ein Ultraschallwandler aktiviert ist, hauptsächlich für Fehler im Übergangsbereich Schraubenschaft-Schraubenschaft geeignet sind.

In einer bevorzugten Ausführungsform sind die Ultraschallwandler voneinander jeweils durch eine akustische Trennschicht zum Unterdrücken eines direkten Übersprechens getrennt.

Der Ultraschall-Prüfkopf enthält für die Ultraschallwandler jeweils einen Koppelkörper aus einem festen Material, vorzugsweise aus Kunststoff, insbesondere aus Polymethylmetacrylat PMMA, der an seiner freien, vom Ultraschallwandler abgewandten Koppelfläche an die Oberflächengestalt des Schraubenschaftes angepaßt ist.

Die Ultraschallwandler sind in einem Gehäuse mit einer Symmetrieachse angeordnet, das im Bereich seiner Öffnung mit Mitteln zum Zentrieren des Ultraschall-Prüfkopfes auf dem Schraubenschaft versehen ist. Bei einem Ultraschall-Prüfkopf zur Prüfung von Schlitzschrauben ist ein Gehäuse vorgesehen, das auf den Schraubenschaft aufgesteckt werden kann und im Bereich seiner Öffnung Führungsmittel enthält, die ein Aufstecken nur in vorgegebenen Stellungen relativ zum Schlitz ermöglichen. Insbesondere für Schlitzschrauben, die mit einem in den Schlitz eingelegten Sicherungsstift gesichert sind, ist das Gehäuse des Ultraschall-Prüfkopfes im Bereich der Öffnung mit einander gegenüberliegenden Aussparungen versehen. Die

Ultraschallwandler sind vorzugsweise spiegelsymmetrisch zu einer die Symmetrieachse enthaltenen Symmetrieebene angeordnet, wobei diese Symmetrieachse durch die Führungsmittel derart festgelegt ist, daß sie nach Aufstecken auf den Kopf wenigstens annähernd mit der Mittelebene des Schlitzes zusammenfällt.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Ultraschall-Prüfkopfes sind in den sich jeweils von einer Aussparung zur gegenüberliegenden Aussparung erstreckenden Symmetrieebene akustische Trennschichten vorgesehen, deren Breite im wesentlichen der Breite des Schlitzes entspricht.

Die Ultraschallwandler sind vorzugsweise in einem Dämpfungskörper eingebettet. Zur Erhöhung der in den Prüfling eingeschalteten Intensität sind die Ultraschallwandler mit einer Anpassungsschicht versehen, deren akustische Impedanz dem geometrischen Mittel der akustischen Impedanz des Koppelkörpers und der akustischen Impedanz des Ultraschallwandlers entspricht. Diese Anpassungsschicht ist vorzugsweise $\lambda/4$ -dick.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform des Ultraschall-Prüfkopfes sind vier Ultraschallwandler vorgesehen, die vorzugsweise spiegelsymmetrisch zu den von den Trennschichten gebildeten Ebenen angeordnet sind. Mit einem solchen Prüfkopf lassen sich bei vertretbarem Prüfaufwand die in einer Schraube auftretenden Fehler sicher lokalisieren und charakterisieren.

Zur Lokalisierung und Charakterisierung eines Materialfehlers in der Schraube sind bei einem erfindungsgemäßen Ultraschall-Prüfkopf mehrere Meßschritte vorgesehen, in denen jeweils unterschiedliche Ultraschallwandler im Sende- und/oder Empfangsmodus betrieben werden. Je nach Betriebsart des Ultraschall-Prüfkopfes können unterschiedliche Prüfschwerpunkte gesetzt werden. Diese Prüfschwerpunkte beziehen sich auf unterschiedliche Fehlertypen und Fehlerorte. Bei Fehlern im Schraubenkopf ist es vorteilhaft, von den Wandlern des Ultraschall-Prüfkopfes jeweils nur einen als Sender und Empfänger zu betreiben. Um Fehler im Übergangsbereich zwischen Schraubenkopf und Schraubenschaft charakterisieren zu können sind Betriebsmoden geeignet, bei denen ein Ultraschallwandler als Sender und ein weiterer Ultraschallwandler als Empfänger betrieben werden. Zum Nachweis von Fehlern im Gewindeteil oder in der Nähe des Schraubenbodens ist insbesondere eine Betriebsart günstig, in der jeweils zwei Ultraschallwandler als Sender und die anderen beiden Ultraschallwandler als Empfänger betrieben werden.

Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird auf die Ausführungsbeispiele der Zeichnung verwiesen, in deren

FIG 1 ein Ultraschall-Prüfkopf gemäß der Erfindung zusammen mit einer zu prüfenden Schraube in einem Längsschnitt schematisch dargestellt ist.

FIG 2 und FIG 3 zeigen jeweils einen Ultraschall-Prüfkopf in einem Querschnitt.

FIG 4 zeigt einen Ultraschall-Prüfkopf in einem Längsschnitt, dessen Koppelfläche an die Oberfläche einer zu prüfenden Kugelbodenschraube angepaßt ist. In

FIG 5 ist dieser Ultraschall-Prüfkopf in einem Querschnitt veranschaulicht. In

FIG 6 bis FIG 10 sind unterschiedliche Fehlertypen in einer Schlitzschraube und dazu besonders angepaßte Betriebsverfahren eines bevorzugten Ultraschall-Prüfkopfes gemäß der Erfindung zusammen mit den zugehörigen Echogrammen dargestellt.

Gemäß FIG 1 enthält ein Ultraschall-Prüfkopf wenigstens zwei Ultraschallwandler 2a und 2b. Die Ultraschallwandler bestehen aus einem piezoelektrischen Material, beispielsweise einem Piezoquarz, vorzugsweise einer Piezokeramik. Die Ultraschallwandler 2a und 2b sind mit in der Figur nicht näher dargestellten Elektroden versehen, an die elektrische Zuführungen kontaktiert sind. An ihrer Abstrahlfläche 3a bzw. 3b sind die Ultraschallwandler 2a und 2b jeweils mit einer Anpassungsschicht 4a bzw. 4b versehen. Die akustische Impedanz dieser Anpassungsschichten 4a und 4b entspricht dabei vorzugsweise in etwa dem geometrischen Mittelwert der akustischen Impedanz des piezoelektrischen Schwingermaterials und der akustischen Impedanz von Koppelkörpern 6a und 6b. Die Anpassungsschichten sind vorzugsweise etwa $\lambda/4$ -dick. Die Koppelkörper 6a und 6b bestehen aus einem festen Medium, vorzugsweise Kunststoff, insbesondere Polymethylmetacrylat PMMA. Für Koppelkörper 6a und 6b aus PMMA und Ultraschallwandler 2a bzw. 2b mit einem piezokeramischen Schwingermaterial ist als Anpassungsschicht 4a, 4b ein glasartiges Material besonders geeignet.

Die Koppelkörper 6a und b sind voneinander durch eine Trennschicht 10 aus einem schalldurchlässigen Material, beispielsweise Kork, voneinander getrennt. Durch diese Trennschicht 10 wird ein direktes akustisches Übersprechen zwischen den beiden Ultraschallwandlern 2a und 2b unterdrückt.

Die Koppelkörper 6a und b sind an ihrer den Ultraschallwandlern 2a und 2b jeweils abgewandten und als Koppelfläche 61a bzw. 61b dienenden Oberflächen an die Oberflächengestalt des Schraubenkopfes einer zu prüfenden Schraube, im Beispiel der Figur eine Schlitzschraube 20 mit einer ebenen Oberfläche, angepaßt.

Die Ultraschallwandler 2a und 2b sind in einem Dämpfungskörper 8 eingebettet. Der Dämpfungs-

körper 8 besteht vorzugsweise aus einer Mischung von Epoxidharz, Titanoxid TiO_2 und Gummimehl.

Der Ultraschall-Prüfkopf hat in der bevorzugten Ausführungsform gemäß der Figur ein zylindrisches Gehäuse 12, dessen eine Stirnfläche mit einem Deckel 16 verschlossen ist, der Bohrungen 18 für die elektrischen Zuführungen für die Ultraschallwandler 2a und 2b aufweist. Die gegenüberliegende Stirnfläche des zylindrischen Gehäuses ist offen. Das Gehäuse 12 ragt im Bereich seiner Öffnung über die Koppelflächen 61a und 61b hinaus, so daß der Ultraschall-Prüfkopf beim Aufsetzen auf den zylindrischen Kopf 21 der Schlitzschraube 20 automatisch zentriert wird, so daß die Schraubenachse 26 mit einer der Öffnung durchsetzenden Symmetrieachse 13 des Ultraschall-Prüfkopfes zusammenfällt. Die Form des Gehäuses 12 entspricht vorzugsweise der Kopfform der zu prüfenden Schraube 20. Im Beispiel einer Schraube 20 mit zylindrischer Kopfform hat das Gehäuse 12 im Bereich seiner Öffnung vorzugsweise eine hohlzylindrische Gestalt. Eine Zentrierung kann aber auch durch eine andere Gehäuseform, beispielsweise ein gleichseitiges Vieleck, erreicht werden.

Im Beispiel der Figur ist eine Schlitzschraube 20 veranschaulicht, in deren Schlitz 22 ein Sicherungsstift 24 eingelegt ist, der die Stirnfläche des Schraubenkopfes 21 überragt. Das Gehäuse 12 des Ultraschall-Prüfkopfes ist im Bereich seiner Öffnung mit zwei Aussparungen 14 versehen, die mit der Trennschicht 10 fluchten. Durch diese Aussparungen 14 wird bewirkt, daß sich beim Aufsetzen des Ultraschall-Prüfkopfes auf die Schlitzschraube die Trennschicht 10 stets parallel zum Sicherungsstift 24 ausrichtet.

Die Ultraschallwandler 2a und 2b sind spiegelsymmetrisch zu einer parallel zur Trennschicht 10 verlaufenden und die Symmetrieachse 13 enthaltenden Symmetrieebene angeordnet. Die Einschaltung in die Schlitzschraube 20 erfolgt dann definiert jeweils auf den beiden durch den Schlitz 22 und den Sicherungsstift 24 getrennten kreissegmentförmigen Oberflächen des Schraubenkopfes 21.

Die Trennschicht 10 ist vorzugsweise mindestens so breit wie der Schlitz 22 und ist zur Aufnahme des Sicherungsstiftes 24 gegenüber den Koppelflächen 61a und 61b der Koppelkörper 6a bzw. 6b zurückversetzt.

Die Normalen der Abstrahlflächen 3a und 3b der Ultraschallwandler 2a bzw. 2b sind im Beispiel der Figur gegenüber der Symmetrieachse 13 und der Oberflächennormalen der Koppelflächen 61a bzw. 61b geneigt. Die den Ultraschallwandlern 2a und 2b jeweils zugewandten Oberflächen der Koppelkörper 6a bzw. 6b sind gegenüber der Koppelflächen 61a bzw. 61b ebenfalls entsprechend geneigt. Dieser Neigungswinkel beträgt beispielsweise

etwa 4 bis 8° und hängt sowohl von der Prüfaufgabe als auch von der geometrischen Gestalt der Schraube ab. Für eine Schraube gemäß dem Ausführungsbeispiel der Figur sind die Ultraschallwandler 2a und 2b gegen die Symmetrieachse 13 vorzugsweise so geneigt, daß sich der emittierte Schall in Richtung zur Symmetrieachse 13 hin ausbreitet.

Gemäß FIG 2 sind bei einer bevorzugten Ausführungsform Ultraschallwandler 2a und 2b vorgesehen, die eine kreissegmentförmige Querschnittsfläche haben. Dadurch wird eine besonders gute Anpassung an die ebenfalls kreissegmentförmigen Oberflächen des Kopfes einer Schlitzschraube gewährleistet.

In der besonders bevorzugten Ausführungsform nach FIG 3 sind vier Ultraschallwandler 2a bis d vorgesehen, die jeweils durch Trennschichten 10, 10bc und 10ad voneinander akustisch entkoppelt sind. Die Mittelebenen dieser Trennschichten 10, 10ad, 10bc schneiden sich in einer Gerade, die mit der Symmetrieachse 13 zusammenfällt. Die Ultraschallwandler 2a - d sind vorzugsweise entsprechend der Figur spiegelsymmetrisch zu diesen von den Trennschichten gebildeten Ebenen angeordnet. Ein Ultraschall-Prüfkopf mit diesen Gestaltungsmerkmalen ist besonders geeignet, Fehler, die sich in beliebiger Umfangsposition im Schraubenkopf und am Übergang zwischen Schraubenkopf und Schraubenschaft befinden, nachzuweisen.

Im Ausführungsbeispiel gemäß FIG 4 ist bei einem Ultraschall-Prüfkopf für eine Inbusschraube 30, beispielsweise eine Innensechskantschraube mit Kugelboden 32, eine Koppelfläche 62 vorgesehen, die ebenfalls die Gestalt einer Kugeloberfläche hat. Diese Koppelfläche 62 wird gebildet durch die in der Figur nicht sichtbaren Oberflächen der einzelnen Ultraschallwandlern 2a und 2b zugeordneten Koppelkörper. Um ein formschlüssiges Aufsetzen des Ultraschall-Prüfkopfes auf den Kugelboden 32 ohne Hohlräume zu ermöglichen, sind auch die Stirnflächen der Trennschichten 10, 10bc und 10ad im Bereich der Öffnung an die Oberflächengestalt der Inbusschraube 30 angepaßt. Die Ultraschallwandler 2a und 2b sind vorzugsweise nach außen geneigt, so daß bei einem auf die Inbusschraube 30 aufgesetzten Prüfkopf eine Schallemission in Richtung zur Schaftaußenoberfläche der Schraube erfolgt. Damit lassen sich Fehler im Übergangsbereich Kopf/Schaft und im Bereich der Schaftaußenoberfläche besser erfassen. Die Neigung ist dabei vorzugsweise so, daß die von der Mitte der Ultraschallwandler 2a oder 2b jeweils ausgehende Oberflächennormale die Koppelfläche 62 in etwa senkrecht durchsetzt.

Gemäß FIG 5 ist die Seitenwand des Gehäuses 121 an die Gestalt des Schraubenkopfes angepaßt, so daß beim Aufsetzen auf den Kugelboden

automatisch eine Zentrierung erfolgt. Vorzugsweise sind vier Ultraschallwandler 2a - d vorgesehen, die durch akustische Trennschichten 10, 10bc und 10ad voneinander getrennt sind.

Gemäß FIG 6 enthält eine Schlitzschraube 20 im Übergangsbereich zwischen Schraubenkopf 21 und Schraubenschaft 23 eine Fehlstelle 40. Diese Fehlstelle 42 ist eine Rißfläche, die vom Rand der Schlitzschraube 20 ausgehend senkrecht zur Schraubenachse 26 orientiert ist und eine kreissegmentförmige Gestalt hat, deren Sehne parallel zum Schraubenschlitz 21 verläuft. Der auf die Schlitzschraube 20 aufgesetzte Prüfkopf ist schematisch durch die mit den Bezugszeichen 2ad und 2bc bezeichneten schräg gestellten Striche angedeutet. Der zugehörige Betriebsmodus ist anhand eines unterhalb der Schraube dargestellten schematischen Querschnitts veranschaulicht. Der schraffiert dargestellte Ultraschallwandler 2a dient in diesem Betriebsmodus als Empfänger und der schwarz ausgefüllte Ultraschallwandler 2d als Sender. Die beiden Ultraschallwandler 2c und 2b sind in diesem Modus nicht aktiviert. Die vom Ultraschallwandler 2d ausgehenden Ultraschallwellen und die vom Ultraschallwandler 2a empfangenen Ultraschallwellen sind in der Figur durch Pfeile veranschaulicht. Das zugehörige Echobild, in dem die vom Ultraschallwandler 2a empfangenen Signale gegen die Zeit aufgetragen sind, enthält zwei Echosignale E1 und E2, die durch einfache bzw. zweifache Reflexion an der Fehlstelle 40 hervorgerufen werden. Die im Echogramm der FIG 6 dargestellte gestrichelte Linie entspricht dem Echogramm einer fehlerfreien Schraube.

In FIG 7 ist eine ebenfalls flächige Fehlstelle 42 im Übergangsbereich zwischen Schraubenkopf 21 und Schraubenkopf 23 dargestellt, die geneigt zur Schraubenachse 26 orientiert ist. Mit einer Messung im Betriebsmodus nach FIG 6 kann ein solcher Fehler nur schwer nachgewiesen werden. Gemäß FIG 7 ist deshalb ein Betriebsmodus vorgesehen, in dem zwei diagonal einander gegenüberliegende Ultraschallwandler 2b und 2d als Sender bzw. Empfänger vorgesehen sind. Der vom Ultraschallwandler 2b in die Schraube eingekoppelte Ultraschall erreicht ungehindert den Schraubenboden 27, wird dort reflektiert und durch die Fehlstelle 42 abgeschattet, so daß er vom Ultraschallwandler 2d nicht empfangen werden kann. Im Echogramm gemäß FIG 7 ist zu erkennen, daß bei einer fehlerfreien Schraube vom Ultraschallwandler 2d ein gestrichelt eingezeichnetes Echosignal R empfangen wird. Bei Vorhandensein einer Fehlstelle 42 tritt anstelle des Echosignales R nur noch ein deutlich reduziertes Echosignal R1 auf.

Im Beispiel gemäß FIG 8 ist eine flächige, kreissegmentförmige Fehlstelle 44 im Bereich des Überganges zwischen Schraubenkopf 21 und

Schraubenschaft 23 veranschaulicht, die quer zur Schraubenachse 26 orientiert ist und deren Sehne senkrecht zum Schraubenschlitz 22 verläuft. Um einen solchen Fehlertyp nachzuweisen, ist es zweckmäßig, jeweils zwei einander bezüglich der Trennschicht 10 gegenüberliegende Ultraschallwandler 2c und 2d als Sender und die restlichen zwei Ultraschallwandler 2a und 2b als Empfänger zu verwenden. Dem Echogramm gemäß FIG 8 ist zu entnehmen, daß auch in diesem Fall das bei einer fehlerfreien Schraube auftretende Echosignal R durch eine Abschattung des von den Ultraschallsendern 2c und 2d emittierten Ultraschalls unterdrückt wird, so daß das vom Schraubenboden 27 reflektierte Echosignal R2 deutlich reduziert ist.

FIG 9 zeigt eine Schlitzschraube mit einer senkrecht zur Schraubenachse 26 orientierten und in der Mitte des Schraubenschaftes 23 befindlichen kreissegmentförmigen Rißfläche 46, deren Sehne parallel zum Schraubenschlitz 22 verläuft. Für den Nachweis einer solchen Fehlstelle 46 ist es günstig, jeweils zwei Ultraschallwandler 2a und 2d als Sender und zwei Ultraschallwandler 2b und 2c als Empfänger zu verwenden. Die als Sender aktiven Ultraschallwandler 2a und 2d und die als Empfänger verwendeten Ultraschallwandler 2b und 2c sind durch die parallel zum Schraubenschlitz 22 verlaufende Trennschicht 10 voneinander getrennt. Das in FIG 9 dargestellte entsprechende Echogramm zeigt einen Echoimpuls E3, der an der Fehlstelle 46 entsteht. Außerdem tritt ein vom Schraubenboden 27 reflektiertes Echosignal R3 auf, das gegenüber dem Echosignal R, das bei einer fehlerfreien Schraube gemessen wird, deutlich reduziert ist.

In FIG 10 ist eine Fehlstelle 48 des gleichen Typs wie in FIG 9 eingezeichnet, die sich im Gewindeteil 25 befindet. Der bevorzugte Betriebsmodus des Ultraschall-Prüfkopfes entspricht dem Betriebsmodus im Beispiel gemäß FIG 9. Vor dem vom Schraubenboden 27 reflektierten Echosignal R tritt noch ein Echosignal E4 auf, das bei einer fehlerfreien Schraube nicht zu beobachten ist.

Die in Figuren 6 bis 10 dargestellten Betriebsarten des erfindungsgemäßen Ultraschall-Prüfkopfes stellen keine abschließende Auswahl der Betriebsmöglichkeiten dar. Vielmehr soll anhand dieser Beispiele nur veranschaulicht werden, daß durch die Vielzahl der möglichen Betriebsarten eine sichere Bestimmung und Charakterisierung der meisten in einer Schraubenvorkommenden Fehlerarten ermöglicht wird.

Patentansprüche

1. Ultraschall-Prüfkopf zur Ultraschallprüfung von Schrauben mit folgenden Merkmalen:

- a) er enthält eine Ultraschallwandleranordnung mit mehreren Ultraschallwandlern (2a,

- 2b),
 b) die Ultraschallwandler (2a, 2b) sind sowohl als Sender als auch als Empfänger betreibbar,
 c) die Ultraschallwandler (2a, 2b) sind jeweils akustisch an einen Koppelkörper (6a bzw. 6b) aus einem festen Material gekoppelt,
 d) die Koppelkörper (6a, 6b) sind mit einer freien, von den Ultraschallwandlern (2a, 2b) jeweils abgewandten und an die Oberflächengestalt des Schraubenkopfes (21) der zu prüfenden Schraube (20) angepaßten Koppelfläche (61a, 61b) versehen, und
 e) es sind Mittel zum Zentrieren des Ultraschall-Prüfkopfes auf dem Schraubenkopf (21) vorgesehen.
2. Ultraschall-Prüfkopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ultraschallwandler (2a, 2b) voneinander jeweils durch eine akustische Trennschicht (10) zum Unterdrücken eines direkten Übersprechens getrennt sind.
3. Ultraschall-Prüfkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Ultraschallwandler (2a, 2b) in einem Gehäuse (12) angeordnet sind, das mit einer Öffnung zum Schallaustritt und zum Schalleintritt versehen ist und eine diese Öffnung durchsetzende Symmetrieachse (13) hat, wobei das Gehäuse (12) im Bereich seiner Öffnung Mittel zum Zentrieren des Ultraschall-Prüfkopfes auf dem Schraubenkopf (21) aufweist.
4. Ultraschall-Prüfkopf nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß zur Ultraschallprüfung von Schlitzschrauben (20) ein Ultraschall-Prüfkopf mit einem Gehäuse (12) vorgesehen ist, das auf den Kopf der Schlitzschraube (20) aufgesteckt werden kann und im Bereich seiner Öffnung Führungsmittel (14) enthält, die ein Aufstecken auf den Kopf (21) nur in vorgegebenen Stellungen zum Schlitz (22) ermöglichen.
5. Ultraschall-Prüfkopf nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Ultraschall-Prüfkopf für Schrauben mit einem in den Schlitz (22) eingelegten Sicherungsstift (24) das Gehäuse (12) im Bereich der Öffnung mit einander gegenüberliegenden Aussparungen (14) versehen ist.
6. Ultraschall-Prüfkopf nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß eine Ultraschallwandleranordnung vorgesehen ist, die spiegelsymmetrisch zu einer die Symmetrieachse (13) enthaltenden Symmetrieebene ist, wobei diese Symmetrieebene durch die Führungsmittel (14) derart festgelegt ist, daß sie nach Aufstecken auf den Kopf (21) wenigstens annähernd mit der Mittelebene des Schlitzes (22) zusammenfällt.
7. Ultraschall-Prüfkopf nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß sich in der durch zwei gegenüberliegende Aussparungen festgelegten Symmetrieebene jeweils eine akustische Trennschicht (10) erstreckt, deren Breite im wesentlichen der Breite des Schlitzes (22) entspricht.
8. Ultraschall-Prüfkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Ultraschallwandleranordnung mit vier Ultraschallwandlern (2a bis d) vorgesehen ist.
9. Ultraschall-Prüfkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Abstrahlfläche (3a, 3b) der Ultraschallwandler (2a bzw. 2b) gegen die Symmetrieachse (13) geneigt ist.
10. Ultraschall-Prüfkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Ultraschallwandler (2a, 2b) in einem Dämpfungskörper (8) eingebettet sind.
11. Ultraschall-Prüfkopf nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Ultraschallwandler (2a, 2b) an ihrer Abstrahlfläche (3a bzw. 3b) mit einer Anpassungsschicht (4a bzw. 4b) versehen sind.
12. Ultraschall-Prüfkopf nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß eine $\lambda/4$ -dicke Anpassungsschicht (4a, 4b) vorgesehen ist.
13. Verfahren zum Betrieb eines Ultraschall-Prüfkopfes, der eine Ultraschallwandleranordnung mit mehreren Ultraschallwandlern (2a, 2b) enthält, die sowohl als Sender als auch als Empfänger betreibbar sind und denen jeweils ein Koppelkörper (6a bzw. 6b) aus einem festen Material zugeordnet ist, der mit einer freien, von den Ultraschallwandlern (2a, 2b) jeweils abgewandten und an die Oberflächengestalt des Schraubenkopfes (21) angepaßten Koppelfläche (61a, 61b) versehen ist, mit folgenden Verfahrensschritten:
 a) der Ultraschall-Prüfkopf wird mit seinen Koppelflächen (61a, 61b) auf die Oberfläche

des Schraubenkopfes aufgesetzt und zentriert,

b) zur Lokalisierung und Charakterisierung eines Materialfehlers in der Schraube sind mehrere Meßschritte vorgesehen, in denen jeweils unterschiedliche Ultraschallwandler im Sende- und/oder Empfangsmodus betrieben werden.

5

14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß Meßschritte vorgesehen sind, bei denen nur ein Ultraschallwandler als Sender und Empfänger betrieben wird.

10

15. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß Meßschritte vorgesehen sind, bei denen ein Ultraschallwandler als Sender und ein weiterer Ultraschallwandler als Empfänger betrieben werden.

15

20

16. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei einem Ultraschallprüfkopf mit wenigstens vier Ultraschallwandlern Meßschritte vorgesehen sind, bei denen jeweils zwei Ultraschallwandler als Sender und die anderen Ultraschallwandler als Empfänger betrieben werden.

25

30

35

40

45

50

55

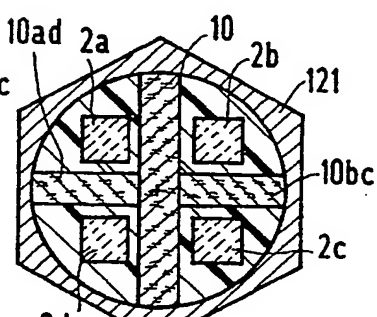
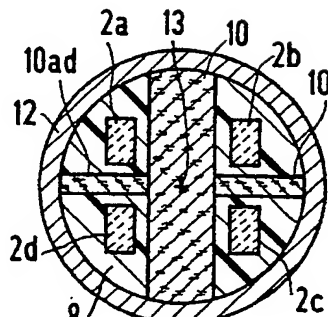
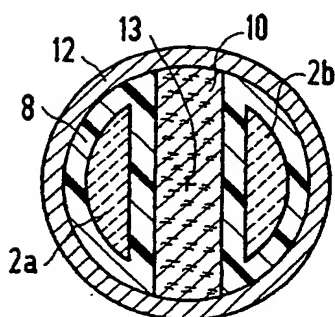
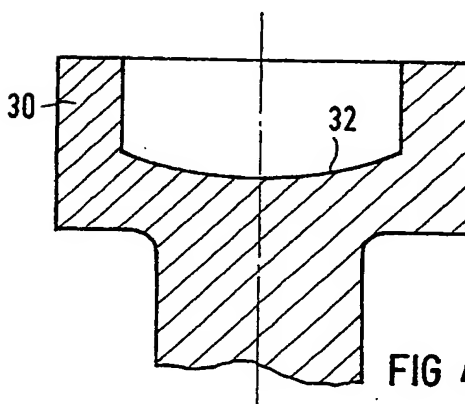
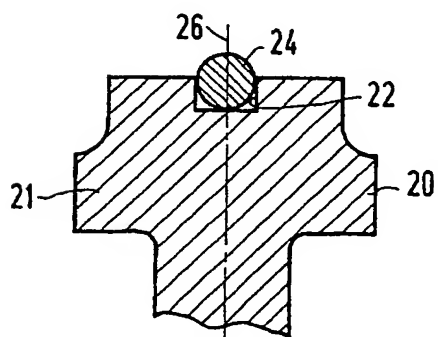
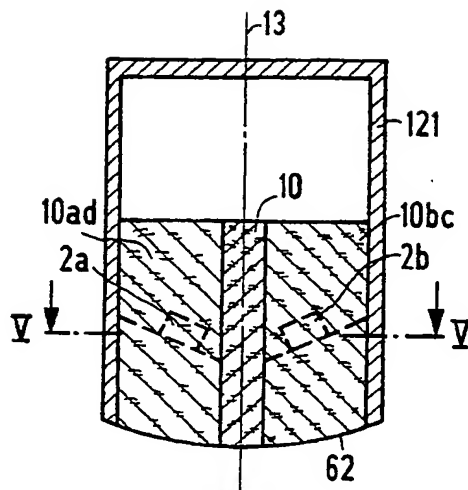
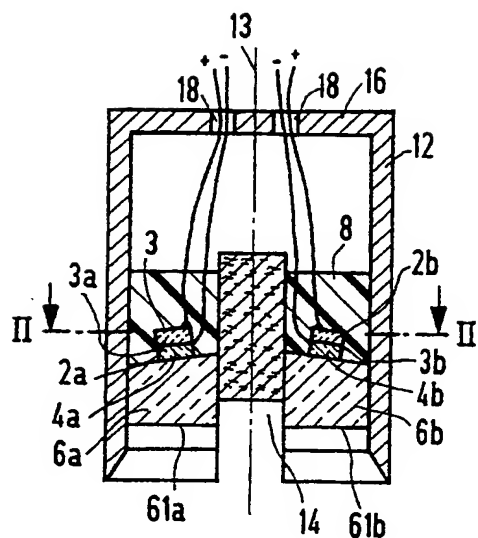
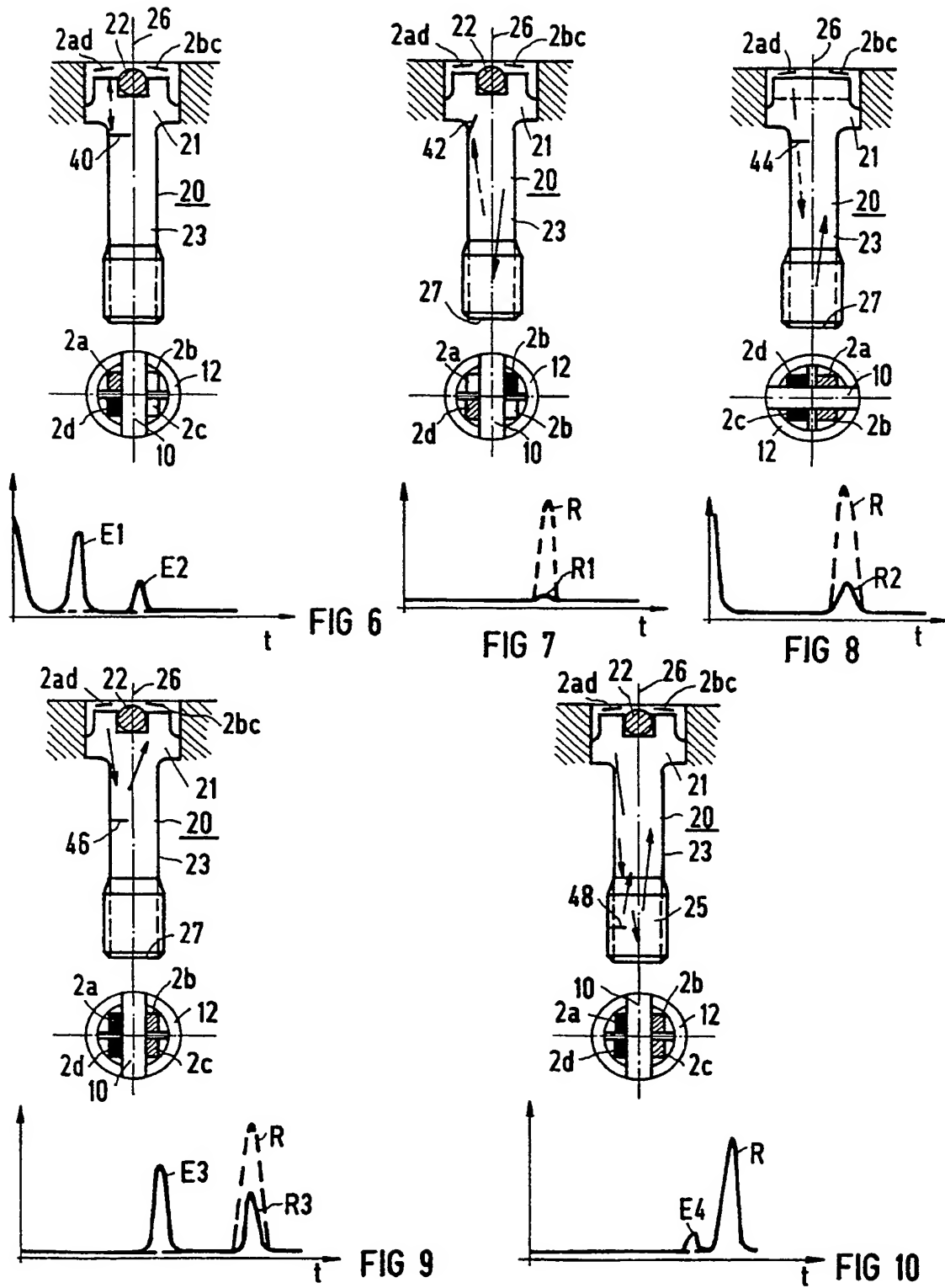


FIG 2

FIG 3

FIG 5





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 90 10 5011

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
X	FR-A-2 591 342 (AF-TEKNISKA RÖNTGENCENTRALEN AB) * Seite 4, Zeilen 2-23; Seite 5, Zeile 31 - Seite 6, Zeile 18; Seite 7, Zeile 6 - Seite 9, Zeile 4; Zusammenfassung; Figuren 1,2,6,7 *	1,9,10	G 01 N 29/24
Y		2,11,14-16	
A		4,5,7,15-17	
Y	DE-A-2 209 906 (KRAUTKRÄMER GESELLSCHAFT FÜR ELEKTROPHYSIK) * Seite 6, Absätze 1,2; Figuren 1-4,9 *	14-16	
A		1,17	
Y	US-A-3 546 924 (NUSSBAUM) * Spalte 2, Zeile 59 - Spalte 3, Zeile 20; Figur *	2,11	
A		3,10	
A	DE-A-2 636 107 (KRAFTWERK UNION AG) * Seite 4, Absatz 4 - Seite 6, Absatz 3; Figuren 1,2,5 *	1,9-11,14	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)
A	US-A-3 685 350 (PETTINATO) * Spalte 4, Zeile 5 - Spalte 5, Zeile 7; Zusammenfassung; Figuren 1,3-6 *	1,3,4,10,11	G 01 N
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschließdatum der Recherche 13-11-1990	Prüfer BOSMA R.A.P.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer andern Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

Ultrasonic probe and method for operating the same

Patent Number: US5156050
Publication date: 1992-10-20
Inventor(s): SCHMID RUDI (DE); ACHTZEHN HANS-JUERGEN (DE)
Applicant(s): SIEMENS AG (DE)
Requested Patent: EP0452516, B1
Application Number: US19910672693 19910318
Priority Number(s): EP19900105011 19900316
IPC Classification: G01N29/10; G01N29/24
EC Classification: B06B1/06E6F, B06B3/00, G01N29/24
Equivalents: DE59009723D, ES2077595T, JP4221758

Abstract

An ultrasonic probe for ultrasonically testing screws includes an ultrasonic transducer array having a plurality of ultrasonic transducers. The ultrasonic transducers selectively operate as transmitters and receivers. Coupling bodies of solid material are each acoustically coupled to a respective one of the ultrasonic transducers. Each of the coupling bodies have a free coupling surface facing away from the respective ultrasonic transducer. The coupling surfaces are adapted to the shape of the surface of a head of a screw to be tested. The coupling surfaces are centered on the head of the screw. A method for operating an ultrasonic probe includes placing and centering the coupling surfaces on the surface of the head of the screw. Different ultrasonic transducers are operated in at least one of transmission and reception modes in each of a plurality of measuring steps, for locating and characterizing a flaw in the material of the screw.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

DOCKET NO: MOH-P030006

SERIAL NO: _____

APPLICANT: Achtzehn et al.

LERNER AND GREENBERG P.A.

P.O. BOX 2480

HOLLYWOOD, FLORIDA 33022

TEL. (954) 925-1100